



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 56 673 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 15 D 1/04
B 01 J 19/00
H 01 M 8/04

⑲ Aktenzeichen: 100 56 673.1
⑳ Anmeldetag: 10. 11. 2000
㉔ Offenlegungstag: 29. 5. 2002

DE 100 56 673 A 1

⑦① Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE

⑦④ Vertreter:
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE, 70182 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Wieser, Christian, 73230 Kirchheim, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 199 36 011 A1
DE 197 11 658 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Vorrichtung und Verfahren zur Förderung der Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid
- ⑤⑦ Zur Schaffung einer Vorrichtung zur Förderung der Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid, umfassend einen Strömungskanal, in dem eine laminare Strömung des Fluids ausbildbar ist, wird vorgeschlagen, das mindestens eine Strömungsleiteinrichtung vorgesehen ist, welche derart in dem Strömungskanal angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß sie in der laminaren Strömung eine räumliche Umschichtung von Fluidschichten bewirkt.

DE 100 56 673 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Förderung der Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid, umfassend einen Strömungskanal, in dem eine laminare Strömung des Fluids ausbildbar ist.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Förderung der Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid, welches in laminarer Strömung strömt.

[0003] Bei einer laminaren Strömung eines Fluids liegt innere Reibung im wesentlichen ohne Turbulenz vor. Die Reynoldszahl einer solchen Strömung ist sehr niedrig. Für eine Kanalströmung liegt der Strömungsumschlag bei einer Reynoldszahl von 2300. Man beobachtet dann Reibung nur im Inneren des strömenden Fluids zwischen benachbarten Fluidschichten. Die einzelnen Fluidschichten in laminaren Strömungen haben dabei unterschiedliche Geschwindigkeit.

[0004] Beispielsweise treten laminare Strömungen bei der Zufuhr von Luftsauerstoff als Oxidationsmittel in elektrochemischen Zellen auf. In Brennstoffzellen beispielsweise wird Luftsauerstoff katalytisch aktiven, flächig ausgedehnten Elektroden zugeführt, um als Oxidationsmittel bei der elektrochemischen Reaktion zu wirken. Die Luft selber wird mittels einem oder mehreren Strömungskanälen auf der Oberfläche der Elektroden verteilt. Insbesondere liegt eine Gasdiffusionselektrode an einer Seite der Strömungskanäle auf, so daß der Sauerstoff aus der Luft großflächig zu der Gasdiffusionselektrode diffundieren kann. Kommerzielle Brennstoffzellen weisen eine hohe Leistungsdichte und Integrationsdichte auf, so daß die Strömungskanäle kleine Strukturen aufweisen (beispielsweise kleiner als $1 \times 1 \text{ mm}^2$). In der Praxis sind die Strömungsgeschwindigkeiten relativ klein (in der Größenordnung von höchstens wenigen m/s). Daraus ergeben sich entsprechend niedrige Reynoldszahlen, so daß sich in solchen Strömungskanälen sehr stabile laminare Fluidströmungen ausbilden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, bei der bzw. dem die Aufnahme und/oder Abgabe einer Substanz durch das laminar strömende Fluid über dessen Oberfläche optimiert ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die eingangs genannte Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens eine Strömungsleiteinrichtung vorgesehen ist, welche derart in dem Strömungskanal angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß sie in der laminaren Strömung eine räumliche Umschichtung von Fluidschichten bewirkt.

[0007] Durch die laminare Strömung des Fluids findet keine turbulente Durchmischung des Fluids in dem Strömungskanal statt. Dadurch kann sich ein Konzentrationsgradient der aufzunehmenden bzw. abzugebenden Substanz in dem Fluid ausgehend von der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche ausbilden. Beispielsweise ist bei Luft als Fluid und Sauerstoff als Abgabesubstanz die Luft in oberflächennahen Bereichen an Luftsauerstoff verarmt. Da in dem Strömungskanal die Substanz über die einzelnen Fluidschichten im wesentlichen nur durch Diffusion quer zur Richtung der laminaren Strömung transportiert werden kann, ist die Aufnahme bzw. Abgabe der Substanz durch das laminar strömende Fluid gehemmt.

[0008] Es ist bekannt, turbulenz erzeugende Strukturen wie Turbulatoren oder Turbulenzpromotoren zur Förderung der Durchmischung des Fluids einzusetzen, wodurch wiederum die Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz gefördert wird, da der Ausbildung eines Konzentrationsgradienten der Substanz in dem Fluid entge-

gengewirkt wird. Das Funktionsprinzip solcher turbulenz erzeugenden Strukturen liegt darin, einen Umschlag der Strömung von laminar in turbulent zu bewirken, d. h. hohe Reynoldszahlen zu erzeugen. Dazu muß aber die Strömungsgeschwindigkeit erhöht werden und außerdem müssen die Abmessungen des Strömungskanals genügend groß sein. Weiterhin werden durch solche turbulenz erzeugenden Strukturen hohe Druckverluste bewirkt.

[0009] Dadurch, daß erfindungsgemäß die Laminarität der Strömung erhalten bleibt, jedoch Fluidschichten in der laminaren Strömung umgeschichtet werden, wird dem Aufbau eines Konzentrationsgradienten der Substanz in dem Fluid entgegengewirkt.

[0010] Es wird die Oberflächenaufnahme bzw. Oberflächenabgabe der Substanz durch das Fluid verbessert. Der Transporthemmung der Substanz in dem laminar strömenden Fluid wird dadurch entgegengewirkt. Da keine turbulente Durchmischung stattfindet, treten nur sehr geringe Druckverluste auf.

[0011] Damit läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung vorteilhaft in Brennstoffzellen einsetzen, da die Oberflächenabgabe von Sauerstoff in einem laminaren Luftstrom gefördert wird, aber andererseits der Querschnitt eines Strömungskanals nur minimal verengt wird unter Beibehaltung des verlustarmen laminaren Charakters der Strömung. Insbesondere bei mobil einsetzbaren Brennstoffzellen (beispielsweise Brennstoffzellen für ein Kraftfahrzeug) können geringe Druckverluste zu starken Einbußen beim Systemwirkungsgrad führen. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung, die gewährleistet, daß der laminare Charakter der Strömung beibehalten wird, lassen sich derartige schädliche Druckverluste weitgehend vermeiden.

[0012] Vorteilhafterweise ist die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet, daß durch diese Schichtströme der laminaren Strömung eine transversale Geschwindigkeitskomponente erhalten. Dadurch lassen sich insbesondere Schichtströme aus bezüglich der Oberfläche der laminaren Strömung tiefer liegenden Bereichen in Richtung der Oberfläche umlenken und Schichtströme aus oberflächennahen Bereichen in tiefere Bereiche umlenken, um so dem Aufbau eines Konzentrationsgradienten der Substanz in dem Fluid entgegenzuwirken und so die Transporthemmung der Substanz bezüglich der Oberflächenaufnahme bzw. Oberflächenabgabe zu mindern.

[0013] Günstigerweise ist dabei die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet, daß eine Umschichtung von Fluidschichten der laminaren Strömung derart erfolgt, daß Fluidschichtströme aus der der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche des Fluids näherliegenden Bereichen der Strömung in weiter entfernt liegende Bereiche umgelenkt werden. Es werden dadurch an der Substanz arme Fluidschichten bei der Oberflächenabgabe bzw. an Substanz reiche Fluidschichten bei der Oberflächenaufnahme in substanzreiche bzw. substanzarme Bereiche aufgrund ihres Abstands zu der Oberfläche umgelenkt.

[0014] Günstigerweise ist dann ebenso die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet, daß Fluidschichtströme aus der der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche des Fluids entfernter liegenden Bereichen der Strömung in dieser Oberfläche näherliegende Bereiche umgelenkt werden. Bei der Oberflächenaufnahme einer Substanz werden dadurch Fluidschichtströme aus substanzarmen Bereichen zu der Oberfläche hin umgelenkt, um dort die Substanz aufnehmen zu können und bei der Abgabe werden substanzreichere Fluidschichten in Richtung der Oberfläche umgelenkt, um für eine Verbesserung der Substanzabgabe zu sorgen.

[0015] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet ist, daß die Strömung im Strömungskanal im wesentlichen turbulenzfrei ist. Dadurch treten keine Druckverluste oder nur sehr geringe Druckverluste auf und insbesondere auch keine Druckoszillationen, die den Wirkungsgrad beispielsweise einer Brennstoffzelle, welcher Luftsaauerstoff zugeführt wird, verringern könnten.

[0016] Günstigerweise ist die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet, daß sich Fluidströme unterschiedlicher Fluidschichten kreuzen. Dadurch wird eine effektive räumliche Umschichtung von Fluidschichten bewirkt, um so der Ausbildung eines Konzentrationsgradienten der Substanz in der laminaren Strömung entgegenzuwirken und damit die Oberflächenaufnahme bzw. Oberflächenabgabe der Substanz zu verbessern.

[0017] Günstig ist es, wenn die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung eine Struktur umfaßt, deren Abmessungen quer zur Strömungsrichtung der laminaren Strömung variieren. Auf diese Weise kann den Fluidschichtströmen einzelner Fluidschichten eine transversale Geschwindigkeitskomponente erteilt werden, um so eine räumliche Umschichtung zu bewirken.

[0018] Günstig ist es, wenn die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet ist, daß längs des Strömungskanals eine im wesentlichen regelmäßige Umschichtung von Fluidschichten erfolgt. Die Längsrichtung des Strömungskanals ist dabei so definiert, daß sie parallel zur Hauptströmungsrichtung der laminaren Strömung ist. Durch eine derartige Anordnung und Ausbildung ist gewährleistet, daß an der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche des Fluids in dem Strömungskanal im wesentlichen ähnliche Bedingungen herrschen und stark lokalisierte Konzentrationserhöhungen bzw. Konzentrationserniedrigungen der Substanz in oberflächennahen Schichten vermieden sind.

[0019] Günstig ist es dabei, wenn die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung eine Mehrzahl von strömungsleitenden Strukturen umfaßt, welche bezüglich der Längsrichtung der Strömungsrichtung in regelmäßiger Abfolge angeordnet sind. Dadurch läßt sich auf eine einfache Weise eine oszillatorische räumliche Umschichtung erzielen, die bezüglich einer mittleren Konzentration der Substanz an der Oberfläche eine geringe Standardabweichung aufweist, so daß stark lokalisierte Konzentrationsgradienten vermieden sind.

[0020] Bei einer ersten Ausführungsform umfaßt die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung eine Strömungswenderstruktur, welche dem Fluid in der laminaren Strömung einen Drall erteilt. Es hat sich in Simulationsrechnungen gezeigt, daß derartige Strukturen unter geringem konstruktiven Aufwand eine signifikante Verbesserung beispielsweise der Oberflächenabgabe einer Substanz durch das laminar strömende Fluid bewirken. Beispielsweise wurde für den Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle mit Luft als laminar strömendes Fluid und Sauerstoff als abzugebende Substanz an Elektroden der Brennstoffzelle durch eine Strömungswenderstruktur eine zwölfprozentige Leistungssteigerung bezüglich der Stromdichte an der Strömungswenderstruktur erreicht.

[0021] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Strömungswenderstruktur eine Spiralstruktur aufweist, um dem Fluid in der laminaren Strömung einen Drall zu erteilen.

[0022] Günstig ist es dabei, wenn eine Längsachse der Strömungswenderstruktur parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals ausgerichtet ist. Dadurch bleibt die Hauptströmungsrichtung der laminaren Strömung erhalten, wobei gleichzeitig für die räumliche Umschichtung der Fluid-

schichtströme gesorgt wird.

[0023] Bei einer Variante einer Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Strömungswenderstruktur in dem Strömungskanal angeordnet ist. Sie kann dazu beispielsweise in den Strömungskanal eingelegt sein.

[0024] Bei einer weiteren Variante einer Ausführungsform ist die Strömungswenderstruktur durch die Kanalwände selber gebildet. Dazu können die Kanalwände eine konkave Struktur aufweisen, d. h. aus den Kanalwänden treten "positive" Züge hervor. Es kann auch vorgesehen sein, daß die Kanalwände eine konvexe Struktur zur Bildung der Strömungswenderstruktur aufweisen; dies bedeutet, daß "negative" Züge in die Kanalwände eingelassen sind.

[0025] Bei einer weiteren Ausführungsform umfaßt die Strömungsleiteinrichtung einen oder mehrere Verdrängungskörper, welche Barrieren für die Strömung im Strömungskanal sind. An solchen Verdrängungskörpern kann die laminare Strömung sich teilweise "abschälen", d. h. es wird eine Umlenkung von Fluidschichtströmen der laminaren Schichtströmung bewirkt, was wiederum zu einer räumlichen Umschichtung führt. Derartige Verdrängungskörper lassen sich insbesondere kostengünstig herstellen und auf einfache Weise in einen beispielsweise bereits vorhandenen Strömungskanal einsetzen.

[0026] Bei einer Variante dieser Ausführungsform ist ein Verdrängungskörper keilförmig ausgebildet. Simulationsrechnungen haben gezeigt, daß bei Brennstoffzellen bei vernachlässigbaren Druckverlusten derartige Keile Leistungsverbesserungen in der Größenordnung von 10% liefern können.

[0027] Günstig ist es dabei, wenn ein keilförmiger Verdrängungskörper so angeordnet ist, daß seine schiefe Keilfläche der Strömungsrichtung der laminaren Strömung zugewandt ist. Dadurch läßt sich ein effektives "Abschälen" bewirken, um so eine effektive räumliche Umschichtung von Fluidschichten zu verursachen.

[0028] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Strömungsleiteinrichtung mindestens ein Paar keilförmiger Verdrängungskörper umfaßt. Es hat sich gezeigt, daß beispielsweise beim Einbau eines solchen Verdrängungskörperpaares über die gesamte Länge eines Strömungskanals mit einer effektiven Abgabenoberfläche der Druckverlust vernachlässigbar ist und eine Leistungsverbesserung beispielsweise bei einer Brennstoffzelle auftritt, die in der Größenordnung von 10% liegt.

[0029] Um eine effektive Umschichtung zu bewirken, ist es besonders vorteilhaft, wenn die schiefen Keilflächen eines Verdrängungskörperpaares quer zueinander angeordnet sind.

[0030] Günstig ist es auch, wenn die Verdrängungskörper eines Verdrängungskörperpaares in einer Querrichtung des Strömungskanals versetzt zueinander angeordnet sind, um so eine effektive Umschichtung zu bewirken.

[0031] Weiterhin ist es günstig, wenn die schiefen Keilflächen eines Verdrängungskörperpaares entgegengerichtete Komponentenvektoren bezüglich der Längsrichtung des Strömungskanals aufweisen, um so eine effektive "Abschälung" von Fluidschichtströmen zu bewirken, um so wiederum eine räumliche Umschichtung zu verursachen.

[0032] Bei einer Variante einer Ausführungsform ist ein Verdrängungskörper so angeordnet und ausgebildet, daß Fluidschichtströme von ersten Wänden des Strömungskanals in Richtung zweiter Wände des Strömungskanals umlenkbar sind. Bei einer weiteren Variante ist ein Verdrängungskörper so angeordnet und ausgebildet, daß Fluidschichtströme von geschlossenen Wänden des Strömungskanals in Richtung offener Kanalwände umlenkbar sind. Insbesondere lassen sich diese beiden Varianten auch kom-

binieren, um so einen effektiven räumlichen Austausch von Fluidschichten zu ermöglichen.

[0033] Die Erfindung betrifft ferner eine Verwendung der genannten Vorrichtung in einer elektrochemischen Zelle. Dadurch, daß sich erfindungsgemäß die Notwendigkeit eines Strömungsumschlags von laminar zu turbulent vermeiden läßt, tritt höchstens ein sehr geringer Druckverlust auf. Außerdem müssen keine praxisfremden Betriebszustände, wie beispielsweise hohe Strömungsgeschwindigkeiten, der elektrochemischen Zelle aufgezwungen werden. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung lassen sich die elektrochemischen Zellen in ihrem optimalen Parameterbereich betreiben, wobei eine optimale Versorgung von Sauerstoff sichergestellt ist. Beispielsweise läßt sich die Vorrichtung in einer Elektrolysezelle verwenden.

[0034] Ganz besonders vorteilhaft läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Brennstoffzelle verwenden. Brennstoffzellen und insbesondere mobil einsetzbare Brennstoffzellen beispielsweise in einem Kraftfahrzeug weisen hohe Integrationsdichten auf und es werden hohe Anforderungen an die Systemeffizienz gestellt. Die dort verwendeten Strömungskanäle weisen kleine Kanalabmessungen auf und die Strömungsgeschwindigkeit ist relativ niedrig. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung wird für eine gute Bereitstellung beispielsweise von Sauerstoff aus einem laminaren Luftstrom zu Elektrodenflächen gesorgt, wobei Druckverluste weitgehend vermieden sind, da kein Strömungsumschlag von laminar in turbulent förderlich ist, d. h. die Vorrichtung weiterhin mit kleinen Reynoldszahlen betreibbar ist. Insbesondere führt der Strömungskanal dabei zu einer Elektrode, um dieser Sauerstoff zuzuführen. Der Sauerstoff stammt insbesondere aus laminar strömender Luft.

[0035] Die erwähnte Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner bei einem eingangs genannten Verfahren gelöst, bei dem durch eine Strömungsleiteinrichtung Fluidschichten der laminaren Strömung umgeschichtet werden.

[0036] Dieses Verfahren weist die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläuterten Vorteile auf.

[0037] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens und ihre Vorteile sind bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ihrer Verwendung erläutert.

[0038] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

[0039] Fig. 1a, 1b in schematischer Darstellung eine laminare Strömung in einem geschlossenen Kanal mit rechteckförmigem Querschnitt in einer Längsschnittansicht (Fig. 1a) und einer Querschnittansicht (Fig. 1b);

[0040] Fig. 2a, 2b die Oberflächenabgabe einer Substanz aus einem Fluid, welches in einem Strömungskanal in laminarer Strömung strömt, wobei der Strömungskanal der Abgabeoberfläche des Fluids zugewandt offen ist, in einer Längsschnittansicht (Fig. 2a) und einer Querschnittansicht (Fig. 2b);

[0041] Fig. 2c den Verlauf der Konzentration der Abgabesubstanz über der Höhe des Strömungskanals gemäß den Fig. 2a, 2b;

[0042] Fig. 3a, 3b, 3c, 3d jeweils Varianten einer Strömungswenderstruktur als Strömungsleiteinrichtung, welche in einem Strömungskanal angeordnet ist;

[0043] Fig. 4 das Verhältnis der lokalen Stromdichte einer elektrochemischen Zelle, welcher Luft in laminarer Strömung in einem Strömungskanal zugeführt wird, wobei in einem Teilstück des Strömungskanals eine Strömungswenderstruktur gemäß Fig. 3a angeordnet ist;

[0044] Fig. 5 eine weitere Variante einer Strömungswen-

derstruktur, welche in einem Strömungskanal mit halbrundem Querschnitt angeordnet ist, in schematischer Längsschnittansicht parallel zur Oberfläche (rechtes Teilbild) und im Querschnitt (linkes Teilbild);

[0045] Fig. 6a die Strömungswenderstruktur gemäß Fig. 5 in Längsschnittansicht senkrecht zur Fluidoberfläche;

[0046] Fig. 6b einen Querschnitt des Strömungskanals gemäß Fig. 6a, wobei in Wänden des Strömungskanals eine konkave Struktur gebildet ist;

[0047] Fig. 6c einen Querschnitt des Strömungskanals gemäß Fig. 6a, wobei in den Wänden des Strömungskanals eine konvexe Struktur gebildet ist;

[0048] Fig. 7a ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Strömungsleiteinrichtung, welche in einem Strömungskanal mit quadratischem Querschnitt angeordnet ist, wobei die Strömungsleiteinrichtung einen keilförmigen Verdrängungskörper umfaßt, in Längsschnittansicht parallel zur Fluidoberfläche (rechtes Teilbild) und im Querschnitt (linkes Teilbild);

[0049] Fig. 7b den Strömungskanal gemäß Fig. 7a in einer Längsschnittansicht quer zu der der Fig. 7a;

[0050] Fig. 7c ein weiteres Ausführungsbeispiel von in einem Strömungskanal angeordneten Verdrängungskörpern;

[0051] Fig. 8a ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Strömungsleiteinrichtung mit Verdrängungskörpern, wobei ein Paar keilförmiger Verdrängungskörper in dem Strömungskanal angeordnet ist, in einer Längsschnittansicht (rechtes Teilbild) und im Querschnitt (linkes Teilbild);

[0052] Fig. 8b eine Längsschnittansicht des Strömungskanals gemäß Fig. 8a quer zur Ansicht der Fig. 8a;

[0053] Fig. 8c ein weiteres Ausführungsbeispiel von paarweise angeordneten Verdrängungskörpern;

[0054] Fig. 9 die Stromdichte I einer Brennstoffzelle, welcher über einen Strömungskanal gemäß Fig. 8a Sauerstoff als Oxidationsmittel mittels Luft in laminarer Strömung zugeführt wird, über der Kanallänge P des Strömungskanals; verglichen ist darin die Stromdichte, wenn eine Strömungsleiteinrichtung mit paarweisen keilförmigen Verdrängungskörpern in dem Strömungskanal angeordnet ist und entsprechend ohne solche Verdrängungskörper. Das Diagramm ist das Ergebnis einer Simulation;

[0055] Fig. 10a ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Strömungsleiteinrichtung in einer Längsschnittansicht (rechtes Teilbild) und in einer Querschnittansicht (linkes Teilbild);

[0056] Fig. 10b den Strömungskanal gemäß Fig. 10a in einer Längsschnittansicht quer zu derjenigen der Fig. 10a;

[0057] Fig. 10c ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Strömungsleiteinrichtung, welche in dem Strömungskanal angeordnete Verdrängungskörper umfaßt;

[0058] Fig. 11a, 11b ein weiteres Ausführungsbeispiel in Längsschnittansichten (Fig. 11a, rechtes Teilbild; Fig. 11b) und im Querschnitt (Fig. 11a, linkes Teilbild) von einem in einem Strömungskanal mit quadratischem Querschnitt angeordneten Verdrängungskörper, wobei bei den gezeigten Varianten der Verdrängungskörper durch eine in einem Einlegeblech gebildete Erhebung gebildet ist;

[0059] Fig. 11c, 11d ein weiteres Ausführungsbeispiel in Längsschnittansichten (Fig. 11c, Fig. 11d) von in einem Strömungskanal mit quadratischem Querschnitt angeordneten Verdrängungskörpern, wobei bei den gezeigten Varianten die Verdrängungskörper durch in Einlegeblechen gebildete Erhebungen gebildet sind und;

[0060] Fig. 12a, 12b, 12c, 12d weitere Varianten eines weiteren Ausführungsbeispiels einer in einem Strömungskanal mit quadratischem Querschnitt angeordneter Strömungsleiteinrichtung, wobei die Strömungsleiteinrichtung Leibleche aufweist.

[0061] Eine laminare Strömung 10 eines Fluids 12 (Fig. 1a) ist eine Strömung mit innerer Reibung, aber ohne Wirbelbildung. Die innere Reibung ist eine Folge der Kraftwirkung zwischen den Molekülen des Fluids. Die Reibung tritt dabei nur im Innern des strömenden Mediums zwischen benachbarten Flüssigkeitsschichten 14a, 14b auf, wobei die einzelnen Flüssigkeitsschichten unterschiedliche Geschwindigkeit aufweisen und aneinander vorbeigleiten. Es bildet sich dann in Abhängigkeit eines Strömungskanals 16, in dem das Fluid 12 strömt, ein Geschwindigkeitsprofil 18 aus, wobei in einzelnen Flüssigkeitsschichten 14a, 14b Fluidschichtströme unterschiedlicher Geschwindigkeit vorliegen.

[0062] Die laminare Strömung 10, welche sich aus der Summe der Fluidschichtströme zusammensetzt, weist eine Hauptstromrichtung 22 auf.

[0063] Da die Strömungsgeschwindigkeit in Fluidschichten 24 unmittelbar an Kanalwänden 26 des Strömungskanals 16 Null ist, hängt die Form des Geschwindigkeitsprofils 18 von der Ausbildung des Strömungskanals 16 ab.

[0064] In den Fig. 1a, 1b ist ein Strömungskanal mit quadratischem Querschnitt 28 gezeigt, welcher allseitig geschlossen ist.

[0065] Eine laminare Strömung 10 bildet sich, wenn die Reynoldszahl der Strömung klein ist und bei einer Kanalströmung insbesondere kleiner ist als 2300. Da die Reynoldszahl definiert ist als das Produkt einer charakteristischen Länge und der Strömungsgeschwindigkeit geteilt durch die kinematische Viskosität, liegt dann eine laminare Strömung 10 vor, wenn die Querabmessungen des Strömungskanals 16 klein sind und die Strömungsgeschwindigkeit klein ist.

[0066] Bei elektrochemischen Zellen und insbesondere Brennstoffzellen wird Luftsauerstoff in einem Luftstrom als Oxidationsmittel zu katalytisch aktiven, flächig ausgedehnten Elektroden zugeführt (in der Zeichnung nicht gezeigt). Insbesondere in mobilen Brennstoffzellen sind Strömungskanäle mit kleinen Abmessungen vorgesehen, um so eine hohe Integrationsdichte und Leistungsdichte zu erreichen. Dementsprechend ist die Reynoldszahl der Luftströmung niedrig und die Strömung selber in solchen Strömungskanälen ist laminar mit hoher Stabilität. In Fig. 2a ist schematisch ein solcher Strömungskanal 30 für eine elektrochemische Zelle gezeigt. Dieser Strömungskanal 30 weist beispielsweise einen im wesentlichen quadratischen Querschnitt 32 auf (Fig. 2b) und ist bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel an einer Kanalseite 34 hin offen. Dadurch kann aus der laminaren Luftströmung 36 als Fluidströmung an der offenen Kanalseite 34 Luftsauerstoff als Abgabesubstanz entnommen werden, d. h. eine Abgabefläche der Luftströmung 36 ist der offenen Kanalseite 34 hin zugewandt und über diese Abgabefläche erfolgt eine Abreicherung der Luftströmung an Sauerstoff.

[0067] Der Sauerstofftransport in der Luftströmung 36 zwischen einzelnen Fluidschichten der laminaren Strömung quer zur Hauptströmungsrichtung 38 erfolgt dabei im wesentlichen nur durch Diffusion. Aufgrund der Ausbildung der Luftströmung 36 als laminare Strömung erfolgt kein weiterer Stoffaustausch. Dies bedeutet, daß sich senkrecht zur offenen Seite 34 hin ein Konzentrationsgradient bezüglich des Sauerstoffgehalts in der Luftströmung 36 ausbildet (Fig. 2c). Der Transport des Luftsauerstoffes in eine Transportrichtung 40 quer zur Hauptströmungsrichtung 38 ist gehemmt und je näher eine Fluidschicht zur Abgabefläche und damit zur offenen Kanalseite 34 liegt, desto leichter kann eine solche Luftschicht Luftsauerstoff abgeben. Demgemäß ist, wie in Fig. 2c gezeigt, die Sauerstoffkonzentration als Substanz, welche die Luft als Fluid abgibt, in oberflächennahen Bereichen 42 verringert und in oberflächenfer-

nen Bereichen 44 erhöht. Es bildet sich somit ein Konzentrationsgefälle längs der Substanz-Transportrichtung 40 und damit senkrecht zur offenen Kanalseite 34 hin in der laminaren Luftströmung 36 aus.

5 [0068] Bei einem ersten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, wie in Fig. 3a gezeigt, in dem Strömungskanal 30 eine als Ganzes mit 48 bezeichnete Strömungsleiteinrichtung angeordnet.

[0069] Die Strömungsleiteinrichtung 48 umfaßt eine Strömungswenderstruktur 50, welche spiralförmig ausgebildet ist. Diese Strömungswenderstruktur 50 erteilt einer Fluidströmung 52 in dem Strömungskanal 30 einen Drall, so daß bezogen auf die offene Kanalseite 34 Fluidschichten räumlich umgeschichtet werden und insbesondere bezüglich der

15 Substanz-Transportrichtung 40 umgeschichtet werden.

[0070] Dadurch gelangen Fluidschichtströme aus der offenen Kanalseite 34 entfernter liegenden Bereichen in dieser näher liegende Bereiche und umgekehrt Fluidschichtströme aus näher liegenden Bereichen in weiter entfernt liegende Bereiche. Fluidschichten mit einem geringeren Substanzanteil aufgrund der Substanzabgabe durch das Fluid dort aus der offenen Kanalseite hin näher liegenden Bereichen werden also von der Oberfläche des Fluids weggeführt und substanzreichere Fluidschichten werden zu der Oberfläche hingeführt, um insgesamt bezogen auf die Gesamtströmung für eine bessere Abgabe der Substanz zu sorgen. (Entsprechend umgekehrt sind die Verhältnisse, wenn eine Substanz an der Oberfläche des Fluids aufgenommen werden soll.) Diese räumliche Umschichtung des Fluids wirkt damit der Bildung eines Konzentrationsgradienten, wie er in Fig. 2c ge-

25 zeigt ist, entgegen und somit wird insgesamt die Substanzabgabe über die Oberfläche der Fluidströmung 52 bessert. (Entsprechend wird die Substanzaufnahme verbessert, wenn der Oberfläche eine Substanz zugeführt wird.)

30 [0071] Bei dem in Fig. 3a gezeigten Ausführungsbeispiel ist in dem Strömungskanal 30 ein spiralförmiger Strömungswender mit einem Spiralwinkel von 180° angeordnet. Es können jedoch auch Drehwinkel größer oder kleiner als 180° vorgesehen sein. Eine Längsrichtung dieser Strömungswenderstruktur 50 ist dabei im wesentlichen parallel zu einer Längsrichtung des Strömungskanals 30 angeordnet und damit auch im wesentlichen parallel zu einer Hauptströmungsrichtung der Fluidströmung 52 ausgerichtet.

40 [0072] Die Länge der Strömungswenderstruktur 50 entspricht bei diesem Ausführungsbeispiel im wesentlichen der Länge der offenen Kanalseite 34, d. h. die Länge der Strömungswenderstruktur 50 entspricht in ihren Abmessungen der Länge der Oberfläche, über welche die Substanzabgabe bzw. Substanzaufnahme erfolgt.

50 [0073] Die Ansicht 54 zeigt die Strömungswenderstruktur 50 in dem Strömungskanal 30 im Querschnitt.

[0074] Bei dem in Fig. 3b gezeigten weiteren Ausführungsbeispiel umfaßt die Strömungsleiteinrichtung eine Strömungswenderstruktur 56, welche eine Mehrzahl von beabstandeten im Strömungskanal 30 angeordneten Spiralstrukturen 58 umfaßt. Eine einzelne Spiralstruktur weist dabei einen Drehwinkel von beispielsweise 180° auf.

60 [0075] Bei dem in Fig. 3c gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine entsprechende Strömungswenderstruktur 60 gleich aufgebaut wie die Strömungswenderstruktur 56 gemäß Fig. 3b, wobei jedoch die einzelnen Spiralstrukturen 58 jetzt über Stege 62 verbunden sind. Dadurch läßt sich die Strömungswenderstruktur 60 einfacher handhaben und insbesondere läßt sie sich auf einfachere Weise in dem Strömungskanal 30 montieren.

65 [0076] Bei dem in Fig. 3d gezeigten weiteren Ausführungsbeispiel einer Strömungswenderstruktur 64 ist diese als Spiralband ausgebildet, welches regelmäßig aufeinan-

derfolgende Spiralstrukturen 66 umfaßt. Es ist damit eine Kette von Spiralstrukturen 66 gebildet.

[0077] In Fig. 4 ist ein Diagramm gezeigt, welches das Ergebnis einer numerischen Simulation an einem Strömungskanal gemäß Fig. 3a mit einer Strömungswenderstruktur 50 ist, wobei jedoch diese Strömungswenderstruktur nicht über die gesamte Länge des Strömungskanals angeordnet ist, sondern nur über ein Teilstück. P ist ein Ort im Strömungskanal in dessen Längsrichtung. Ein Ende der Strömungswenderstruktur 50 ist dabei an der Position 68 angeordnet und weist eine Länge von 4 mm auf. Der Strömungskanal selber weist eine Länge von ca. 300 mm auf, d. h. das Teilstück des Strömungskanals, welches durch die Strömungswenderstruktur 50 eingenommen wird, ist ungefähr 1,3% bezogen auf die gesamte Strömungskanallänge.

[0078] Auf der Ordinate aufgetragen ist eine numerisch in Simulation ermittelte Stromdichteverteilung V, welche definiert ist als die Stromdichte mit Strömungswenderstruktur 50 bezogen auf die Stromdichte ohne Strömungswenderstruktur 50 bezogen auf 1. In dem Diagramm ist also direkt die prozentuale Erhöhung aufgrund der Strömungswenderstruktur 50 dargestellt.

[0079] Die Stromdichte ist die Stromdichte in einer elektrochemischen Zelle aufgrund elektrochemischer Reaktionen, wobei diese bestimmt ist durch die Sauerstoffzufuhr als Oxidationsmittel. Diese Sauerstoffzufuhr ist wiederum bestimmt durch den Stofftransport des Luftsauerstoffs aus der Strömung der Luft als laminar strömendes Fluid.

[0080] Wie man aus dem Diagramm der Fig. 4 erkennen kann, bewirkt die Strömungswenderstruktur 50 in dem Teilstück des Strömungskanals eine Erhöhung der Stromdichte lokal bis zu 12%. Die Erhöhung der Stromdichte ist dabei nicht begrenzt auf das Teilstück selber, sondern erstreckt sich noch über mehrere Zentimeter der Kanallänge und näherungsweise über ca. 17% der Kanallänge, obwohl die Strömungswenderstruktur 50 nur ca. 1,3% dieser Kanallänge einnimmt.

[0081] Die Strömungswenderstruktur 50 fördert damit erheblich die Abgabe von Luftsauerstoff über die Oberfläche der Luftströmung, indem Fluidschichten der laminaren Strömung räumlich umgeschichtet werden und insbesondere Fluidschichtströme ein Drall erteilt wird und diese eine transversale Geschwindigkeitskomponente im Bereich der Strömungswenderstruktur 50 erhalten.

[0082] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in den Fig. 5, 6a gezeigt ist, liegt ein rohrförmiger Strömungskanal 70 mit halbrundem Querschnitt 72 vor. An Kanalwänden 74 ist eine spiralförmige Struktur 76 angeordnet, welche dem laminar strömenden Fluid einen Drall erteilt und somit eine Umschichtung von Fluidschichten bezogen auf eine Querschnittsrichtung 78 bewirkt.

[0083] Zu einer offenen Kanalseite 80 hin läßt sich dann eine Substanz aus dem Fluid abnehmen bzw. über diese offene Kanalseite 80 läßt sich eine Substanz in das Fluid einbringen, ohne daß ein starker Konzentrationsgradient aufgrund der laminaren Strömung die Abgabe bzw. Aufnahme verhindern kann.

[0084] Die Struktur 76 läßt sich auf einfache Weise dadurch bilden, daß diese in die Kanalwände 74 integriert ist, wobei derartige Strukturen 76 beispielsweise durch Prägung oder Pressung oder Spritzguß herstellbar sind. Dabei sollten möglichst Hinterscheidungen vermieden werden.

[0085] In Fig. 6b ist eine Variante einer Struktur 76 dargestellt, welche einen Zug 82 umfaßt, der in den Kanalwänden 74 konvex gebildet ist, d. h. in diese eingelassen ist.

[0086] In Fig. 6c ist als weiteres Beispiel ein konkaver Zug 84 gezeigt, welcher über die Kanalwände 74 hervortritt.

[0087] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches

in den Fig. 7a, 7b gezeigt ist, weist ein Strömungskanal 86 beispielsweise einen quadratischen Querschnitt 88 auf und ist zu einer Seite 90 hin offen. In dem Strömungskanal 86 ist ein keilförmiger Verdrängungskörper 92 angeordnet bzw. er ist ein Teil des Strömungskanals 86.

[0088] Der Verdrängungskörper 92 weist eine schiefe Keilfläche 94 und eine weitere Keilfläche 96 auf. Die weitere Keilfläche 96 ist bevorzugterweise mit ihrer Normalen parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals 86 angeordnet und liegt damit quer zur Hauptströmungsrichtung des Fluids in dem Strömungskanal 86.

[0089] Bei dem in Fig. 7a, 7b gezeigten Ausführungsbeispiel erstreckt sich der Verdrängungskörper 92 über den ganzen Querschnitt des Strömungskanals; d. h. eine Breite der weiteren Keilfläche 96 entspricht im wesentlichen dem Innenabstand von Wänden 98a, 98b des Strömungskanals 86.

[0090] Der Verdrängungskörper 92 nimmt dabei nur einen Teil 100 der Höhe des Strömungskanals 86 ein, beispielsweise die Hälfte der Höhe des Strömungskanals 86 (linkes Teilbild von Fig. 7a).

[0091] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7a ist die schiefe Keilfläche 94 der Hauptströmungsrichtung des Fluids zugewandt, d. h. die schiefe Keilfläche 94 steht senkrecht auf einem Boden 102 des Strömungskanals 86.

[0092] Ein in dem Strömungskanal laminar strömendes Fluid, d. h. in Flüssigkeitsschichten mit Fluidschichtströmen unterschiedlicher Geschwindigkeit strömendes Fluid, trifft auf den Verdrängungskörper 92 und insbesondere auf dessen schiefe Keilfläche 94 und wird dadurch umgelenkt. Dies bewirkt, daß Fluidschichten sich von Kanalwänden und insbesondere von den Kanalwänden 98a und 98b "abschälen" und so eine Umschichtung von Fluidschichten erfolgt (vergleiche die Fig. 7a und 7b). Dadurch, daß der Verdrängungskörper 92 nur in einem Teilbereich des Strömungskanals 86 angeordnet ist und somit die laminare Strömung und insbesondere die Fluidschichtströme diesen umströmen müssen, erhalten zumindest Teile der Fluidschichtströme eine transversale Geschwindigkeitskomponente in Richtung zur offenen Seite 90 hin zu, d. h. zu der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche zu.

[0093] Bei einer Variante einer Ausführungsform, welche in Fig. 7c gezeigt ist, sind in dem Strömungskanal 86 eine Mehrzahl von keilförmigen Verdrängungskörpern 104 angeordnet. Ein solcher Verdrängungskörper 104 ist dabei grundsätzlich gleich ausgebildet wie ein oben im Zusammenhang mit Fig. 7a beschriebener Verdrängungskörper 92 und auch gleich angeordnet.

[0094] Die Anordnung der Mehrzahl von Verdrängungskörpern 104 ist insbesondere regelmäßig, d. h. die einzelnen Verdrängungskörper 104 sind gleich beabstandet voneinander. Vorzugsweise ist die Mehrzahl von Verdrängungskörpern 104 über die Länge des Strömungskanals 86 angeordnet, über der eine Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche wirksam sein soll.

[0095] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in den Fig. 8a und 8b gezeigt ist, ist in einem Strömungskanal 106 mit einer offenen Seite 108, welcher grundsätzlich gleich ausgebildet ist wie der Strömungskanal 86, ein Paar 110 keilförmiger Verdrängungskörper 112, 114 angeordnet. Der Verdrängungskörper 112 weist eine schiefe Keilfläche 116 und eine weitere Keilfläche 118 auf. Letztere ist mit ihrer Normalen bevorzugterweise parallel zu einer Längsrichtung des Strömungskanals 106 orientiert. Die weitere Keilfläche 118 nimmt dabei, wie beispielsweise in dem linken Teilbild von Fig. 8a gezeigt ist, einen Teilbereich sowohl bezüglich der Höhe als auch bezüglich der Breite des Strömungskanals 106 ein.

[0096] Der zweite Verdrängungskörper 114 des Verdrängungskörperpaares 110 ist grundsätzlich gleich ausgebildet wie der erste Verdrängungskörper 112 mit einer schiefen Keilfläche 120 und einer weiteren Keilfläche 122, welche im wesentlichen parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals 106 angeordnet ist. Auch diese weitere Keilfläche 122 nimmt einen Teilbereich des Strömungskanals 106 bezüglich dessen Höhe und dessen Breite ein.

[0097] Die beiden Verdrängungskörper 112 und 114 des Verdrängungskörperpaares 110 sind bezüglich der Breite des Strömungskanals 106 an ihren weiteren Keilflächen 118, 122 gegenüber einander versetzt, so daß diese beiden weiteren Keilflächen 118 und 122 im wesentlichen in einer Ebene liegen.

[0098] Weiterhin sind die Verdrängungskörper 112, 114 des Verdrängungskörperpaares 110 so gegeneinander orientiert, daß die jeweiligen Normalen der schiefen Keilflächen 116 und 120 quer zueinander liegen.

[0099] Beispielsweise ist, wie in den Fig. 8a und 8b gezeigt, die schiefe Keilfläche 116 des Verdrängungskörpers 112 senkrecht zu einem Boden 124 des Strömungskanals 106 orientiert und die schiefe Keilfläche 120 des zweiten Verdrängungskörpers 114 steht im wesentlichen senkrecht auf Wänden 126 des Strömungskanals 106.

[0100] Die Orientierung der schiefen Keilflächen 116 und 120 ist dabei insbesondere so, daß Fluidschichtströme, welche parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals 106 strömen, auf die schiefe Keilfläche 116 des ersten Verdrängungskörpers 112 zu strömen; dies bedeutet, daß der Winkel zwischen der schiefen Keilfläche 116 und den Wänden 126 ein kleiner positiver spitzer Winkel ist. Weiterhin ist die schiefe Keilfläche 120 so orientiert, daß sie einen kleinen negativen spitzen Winkel bezüglich des Bodens 124 bildet. Dadurch kann die laminare Strömung auch beim Übergang zwischen den beiden Verdrängungskörpern 112, 114 an den weiteren Keilflächen 118, 122 kontinuierlich weiterströmen.

[0101] Durch die Anordnung eines Verdrängungskörperpaares 110 in dem Strömungskanal 106 wird erfindungsgemäß eine Umschichtung der Fluidschichtströmungen der laminaren Strömung bewirkt, indem Fluidschichtströme eine transversale Geschwindigkeit quer zur Hauptströmungsrichtung der laminaren Strömung erhalten. Insbesondere erfolgt eine Fluidumschichtung von geschlossenen Kanalwänden zu der offenen Seite 108 hin, d. h. insbesondere vom Boden 124 zu der offenen Seite 108 hin; es erfolgt aber weiterhin auch insbesondere wegen der Anordnung der schiefen Keilfläche 116 eine Umschichtung auch zwischen benachbarten Kanalwänden 126.

[0102] In einer Variante, welche in Fig. 8c gezeigt ist, sind in dem Strömungskanal 106 eine Mehrzahl von Verdrängungskörperpaaren 110 angeordnet und insbesondere regelmäßig angeordnet.

[0103] In Fig. 9 ist ein Diagramm gezeigt, welches auf den Ergebnissen von numerischen Simulationen beruht. Zugrundegelegt ist eine quadratische Kanalgeometrie gemäß Fig. 8c mit einer Mehrzahl von regelmäßig beabstandet angeordneten Verdrängungskörperpaaren 110, welche jeweils so ausgebildet sind, wie in Fig. 8a gezeigt, wobei diese Verdrängungskörperpaare über die gesamte Länge des Strömungskanals 106 angeordnet sind. Auf der Abszisse ist der Ort P im Kanal in dessen Längsrichtung in mm angegeben (d. h. der Kanal weist eine Länge von 300 mm auf) und auf der Ordinate die Stromdichte I in mA/cm². Die Stromdichte ist dabei diejenige einer elektrochemischen Zelle, welcher über einen solchen Strömungskanal 106 Luftsauerstoff als Oxidationsmittel in einer laminaren Luftströmung zugeführt wird.

[0104] Die Kurve 128 im Diagramm der Fig. 9 zeigt die

Stromdichte ohne Verdrängungskörperpaare 110. Man sieht, daß die Stromdichte wie erwartet mit zunehmendem Abstand vom Kanalbeginn hin abnimmt, da oberflächennahe Schichten zunehmend an Luftsauerstoff verarmen und der Stofftransport von Luftsauerstoff zwischen den laminaren Schichten im wesentlichen nur durch Diffusion stattfindet und dadurch die Sauerstoffabgabe über die Oberfläche des laminaren Luftstroms sich bei zunehmendem Abstand verschlechtert.

[0105] Die Kurve 130 zeigt den Einfluß der Strömungsleiterinrichtung mit den Verdrängungskörperpaaren 110. Die Stromdichte I zeigt ein oszillatorisches Verhalten gemäß der regelmäßigen Anordnung der Verdrängungskörperpaare 110 und liegt über der Kurve 128. An dem Ort der keilförmigen Verdrängungskörperpaare 110 treten lokale Spitzen 132 auf. Das Gesamtniveau der Stromdichte auf der Kurve 130 liegt dabei höher als auf der Kurve 128, wobei diese Erhöhung in der Größenordnung von 10% liegt, und zwar bei vernachlässigbaren Druckverlusten. Diese Erhöhung stellt eine Leistungsverbesserung der elektrochemischen Zelle dar.

[0106] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in den Fig. 10a und 10b gezeigt. In einem Strömungskanal 134 ist ein Verdrängungskörperpaar 136 mit einem keilförmigen Verdrängungskörper 138 und einem keilförmigen Verdrängungskörper 140 angeordnet. Der Verdrängungskörper 138 weist wiederum eine schiefe Keilfläche 142 und eine weitere Keilfläche 144 auf, wobei letztere im wesentlichen senkrecht zu einer Längsrichtung des Strömungskanals orientiert ist. Die weitere Keilfläche nimmt im wesentlichen den gesamten Querschnitt des Strömungskanals 134 ein und einen Teilbereich bezogen auf dessen Höhe. Die schiefe Keilfläche 142 steht dabei senkrecht auf einem Boden 146 des Strömungskanals 134.

[0107] Eine schiefe Keilfläche 148 des Verdrängungskörpers 140 des Verdrängungskörperpaares 136 steht im wesentlichen senkrecht zu Wänden 150 des Strömungskanals 134. Eine weitere Keilfläche 152 des zweiten Verdrängungskörpers 140 ist im wesentlichen senkrecht zu einer Längsrichtung des Strömungskanals 134 angeordnet und nimmt im wesentlichen die gesamte Höhe des Strömungskanals 134 bezogen auf den Abstand zwischen dem Boden 146 und einer offenen Seite 154 ein, wobei, bezogen auf den Querschnitt, diese weitere Teilfläche nur einen Teilbereich des Strömungskanals einnimmt (vergleiche die linke Teilfigur in Fig. 10a).

[0108] Die schiefe Keilfläche 142 des ersten Verdrängungskörpers 138 des Verdrängungskörperpaares 136 weist dabei einen kleinen positiven spitzen Winkel gegenüber einer Kanalwand 150 auf und die schiefe Keilfläche 148 des zweiten Verdrängungskörpers 140 weist einen kleinen positiven Winkel gegenüber dem Boden 146 des Strömungskanals 134 auf.

[0109] Auch die in den Fig. 10a und 10b gezeigte Anordnung von Verdrängungskörpern 138, 140 in dem Strömungskanal 134 bewirkt eine Umschichtung von Fluidschichten in der laminaren Strömung eines Fluids, um so die Oberflächenaufnahme bzw. Oberflächenabgabe von Substanzen, wie beispielsweise Luftsauerstoff, in einem laminar strömenden Fluid, wie beispielsweise Luft, zu verbessern.

[0110] Bei der in Fig. 10c gezeigten Variante eines Ausführungsbeispiels sind eine Mehrzahl von Verdrängungskörperpaaren 138 in dem Strömungskanal 134 angeordnet. Diese sind insbesondere regelmäßig und somit gleich beabstandet in dem Strömungskanal angeordnet.

[0111] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in den Fig. 11a, 11b gezeigt ist, ist in einem Strömungskanal 156 mit beispielsweise quadratischem Querschnitt ein Einlegekörper 158 beispielsweise in der Form eines Einlege-

blechs angeordnet. Dieser Einlegekörper 158 ist hutzenförmig ausgebildet und weist eine Erhebung 160 auf, welche als Verdrängungskörper wirkt, d. h. das Fluid kann die Erhebung 160 nicht durchdringen.

[0112] Der Einlegekörper 158 weist ferner eine Öffnung 162 auf, welche der Erhebung 160 benachbart ist, so daß an der Erhebung 160 umgelenkte Fluidschichtströme durch die Öffnung 162 strömen können.

[0113] Der Einlegekörper 158 ist vorzugsweise über den ganzen Querschnitt des Strömungskanals 156 angeordnet (vergleiche linkes Teilbild der Fig. 11a) und bezogen auf die Höhe des Strömungskanals 156 zwischen einem Boden 164 und einer offenen Seite 166 derart angeordnet, daß die Erhebung 160 über einen Teilbereich der Höhe des Strömungskanals 156 angeordnet ist. Beispielsweise bildet die Erhebung 160 einen spitzen Winkel gegenüber dem Boden 164 und endet in der Nähe der halben Höhe bezogen auf den Abstand zwischen Boden 164 und der offenen Seite 166 des Strömungskanals 154.

[0114] Die Erhebung 160 ist beispielsweise ausgestanzt oder geprägt in einem Leitblech als Einlegekörper 158.

[0115] Die Fluidströmung im Bereich des Einlegekörpers 158 kann im Bereich des Einlegekörpers in diesen über ein offenes Ende 168 eintreten, wird dann über die Erhebung 160 umgelenkt und kann an der Öffnung 162 austreten. Es erfolgt damit eine Umschichtung von Fluidschichtströmen aus dem Bereich der Nähe zum Boden 164 in einen Bereich in der Nähe der offenen Seite 166, d. h. Fluidschichten werden aus oberflächenfernen Bereichen in oberflächennahe Bereiche umgelenkt.

[0116] Bei der in den Fig. 11c und 11d gezeigten Variante sind in dem Strömungskanal 156 Einlegekörper 158 vorgesehen, welche in einem regelmäßigen Abstand angeordnet sind. Es kann dabei auch vorgesehen sein, daß die regelmäßigen Einlegekörper 158 durch einen einzigen Einlegekörper gebildet sind, welcher entsprechend in den Strömungskanal 156 eingelegt wird.

[0117] Insbesondere sind dann die Öffnungen 162 beabstandet und insbesondere in einem regelmäßigen Abstand zueinander angeordnet. Die Öffnungen 162 liegen dabei in dem Strömungskanal 156 insbesondere im wesentlichen auf einer Ebene.

[0118] Es kann aber auch eine alternative Variante vorgesehen sein, bei der die Höhe der einzelnen Öffnungen 162 gegenüber dem Boden 164 verschieden ist, d. h. bei der die Öffnungen 162 bezüglich der Höhe gegeneinander versetzt sind.

[0119] Insbesondere im Falle, daß die Mehrzahl von Einlegekörpern 158 durch einen einzigen Einlegekörper gebildet ist, wie in den Fig. 11c und 11d gezeigt, ist jeweils zwischen benachbarten Öffnungen mindestens eine weitere Fluidaustauschöffnung 170 vorgesehen, welche einen Fluidaustausch zwischen dem Bereich 172 oberhalb der Einlegekörper 158 (bzw. des einzigen Einlegekörpers) und dem Bereich 174 unterhalb der Einlegekörper 158 (bzw. des einzigen Einlegekörpers) erlaubt. Dadurch können Fluidschichtströme, die durch die Erhebungen 160 in den Bereich 172 umgelenkt werden, wieder durch die Fluidaustauschöffnungen 170 in den Bereich 174 strömen, um so wiederum in offene Enden 168 einströmen zu können und dann wieder über entsprechende Erhebungen in Bereiche 172 umgelenkt werden zu können.

[0120] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in Fig. 12a gezeigt ist, ist der Strömungskanal grundsätzlich gleich aufgebaut, wie anhand der Fig. 11a bis d beschrieben. Für den Strömungskanal wird daher das gleiche Bezugszeichen verwendet. In den Strömungskanal 156 ist bei den in den Fig. 12a bis 12d gezeigten Ausführungsformen ein Ein-

legekörper in den Strömungskanal 156 eingelegt. Wie in Fig. 12a, 12b gezeigt, umfaßt der dortige Einlegekörper 176 einen Verdrängungskörper 178, welcher beispielsweise die Form eines Quaders hat, dessen Diagonale im wesentlichen parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals 156 ausgerichtet ist und welcher sich über den Boden 164 des Strömungskanals 156 bis zu einer Teilhöhe des Strömungskanals 156 erhebt. Der Quader 178 kann dabei durch ausgestanzte und umgelegte Blechteile gebildet sein und nach oben offen sein oder kann auch geschlossen sein.

[0121] Der Einlegekörper 176 mit dem Verdrängungskörper 178 ist beispielsweise aus einem Blechstreifen gestanzt bzw. ist ein entsprechend geprägtes Leitblech.

[0122] Der Verdrängungskörper 178 lenkt Fluidschichtströme um, um so eine Umschichtung von Fluidschichten der laminaren Strömung zu bewirken.

[0123] Bei der in Fig. 12c gezeigten Variante ist ebenfalls ein Einlegekörper 180 mit einem Verdrängungskörper 182 vorgesehen, welcher grundsätzlich gleich ausgebildet ist wie der Verdrängungskörper 178. Jedoch ist eine Kante 184 des quaderförmigen Verdrängungskörpers, welche der offenen Seite 166 hin zuweist, angefast, d. h. die Kante ist abgeschrägt. Dadurch wird die Umlenkung von Fluidschichtströmen weiter gefördert.

[0124] Bei einer Variante einer Ausführungsform, welche in Fig. 12d gezeigt ist, ist eine Mehrzahl von Einlegekörpern 186 in dem Strömungskanal 156 über die Länge dieses Strömungskanals 156 angeordnet. Insbesondere sind die Einlegekörper 186 regelmäßig angeordnet und insbesondere gleich beabstandet.

[0125] In der gezeigten Variante ist ein Einlegekörper 188 vorgesehen, welcher beispielsweise zwei beabstandete Verdrängungskörper 182 aufweist, wie sie im Zusammenhang mit der Fig. 12c beschrieben wurden. Die beiden Verdrängungskörper 182 sind dabei so ausgerichtet, daß ihre Diagonalen auf einer Linie liegen.

[0126] Es kann dabei auch vorgesehen sein, daß in einem Einlegekörper 190 ein Paar von Verdrängungskörpern 182 versetzt gegeneinander sind, d. h. daß ihre Diagonalen jeweils zueinander beabstandet sind.

[0127] Es können insbesondere unterschiedliche Kombinationen solcher Einlegekörper 188 und 190 in dem Strömungskanal 156 angeordnet sein.

[0128] Die Verdrängungskörper 112, 114 oder 138, 140 oder 158 oder 178 können beispielsweise durch Tiefziehen oder Prägen von Blechen hergestellt werden oder beispielsweise durch Spritzgießen oder Pressen von polymergebundenen Graphitplatten.

[0129] Den erfindungsgemäßen Strömungseinrichtungen ist gemeinsam, daß Fluidschichten der laminaren Strömung umgeschichtet werden, d. h. es erfolgt eine Umschichtung bezogen auf eine Abgabeoberfläche bzw. Aufnahmeoberfläche für eine Substanz. Insbesondere wird Fluidschichtströmen eine transversale Geschwindigkeitskomponente quer zur einer Hauptströmungsrichtung der laminaren Strömung erteilt, um so eine Richtungsänderung solcher Fluidschichtströme zu bewirken.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Förderung der Oberflächenaufnahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid, umfassend einen Strömungskanal (30), in dem eine laminare Strömung des Fluids ausbildbar ist, wobei mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) vorgesehen ist, welche derart in dem Strömungskanal (30) angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß sie in der laminaren Strömung eine räumliche Um-

schichtung von Fluidschichten (24) bewirkt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) so angeordnet und ausgebildet ist, daß durch diese Schichtströme (20) der laminaren Strömung eine transversale Geschwindigkeitskomponente erhalten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) so angeordnet und ausgebildet ist, daß eine Umschichtung von Fluidschichten (24) der laminaren Strömung derart erfolgt, daß Fluidschichtströme (20) aus der der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabefläche des Fluids näherliegenden Bereichen der Strömung in weiter entfernt liegende Bereiche umgelenkt werden.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) so angeordnet und ausgebildet ist, daß Fluidschichtströme (20) aus der der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabefläche des Fluids entfernter liegenden Bereichen der Strömung in dieser Oberfläche näher liegende Bereiche umgelenkt werden.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) so angeordnet und ausgebildet ist, daß die Strömung im Strömungskanal (30) im wesentlichen turbulenzfrei ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung so angeordnet und ausgebildet ist, daß sich Fluidschichtströme (20) unterschiedlicher Fluidschichten kreuzen.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) eine Struktur (50; 76; 92; 158; 176) umfaßt, deren Abmessungen quer zur Strömungsrichtung (22) der laminaren Strömung variieren.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) so angeordnet und ausgebildet ist, daß längs des Strömungskanals eine im wesentlichen regelmäßige Umschichtung von Fluidschichten (24) erfolgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung (48) eine Mehrzahl von strömungsleitenden Strukturen (66; 104; 110; 136; 158; 186) umfaßt, welche bezüglich der Längsrichtung des Strömungskanals in regelmäßiger Abfolge angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Strömungsleiteinrichtung eine Strömungswenderstruktur (50) umfaßt, welche dem Fluid in der laminaren Strömung einen Drall erteilt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungswenderstruktur (50) eine Spiralstruktur (58) aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Längsachse der Strömungswenderstruktur (50) parallel zur Längsrichtung des Strömungskanals (30) ausgerichtet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungswenderstruktur (50) in dem Strömungskanal (30) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungswenderstruktur (60) mittels Kanalwänden gebildet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Kanalwände eine konkave Struktur (82) zur Bildung der Strömungswenderstruktur aufweisen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Kanalwände eine konvexe Struktur (84) zur Bildung der Strömungswenderstruktur aufweisen.

17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsleiteinrichtung einen oder mehrere Verdrängungskörper (92; 112; 114; 138; 140; 158; 178; 182) umfaßt, welche Barrieren für die Strömung im Strömungskanal sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verdrängungskörper (92) keilförmig ausgebildet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein keilförmiger Verdrängungskörper (92) so angeordnet ist, daß seine schiefe Keilfläche (94) der Strömungsrichtung der laminaren Strömung zugewandt ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsleiteinrichtung mindestens ein Paar (110) keilförmiger Verdrängungskörper (112, 114) umfaßt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die schiefen Keilflächen (116, 120) eines Verdrängungskörperpaares (110) quer zueinander angeordnet sind.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrängungskörper (114, 116) eines Verdrängungskörperpaares (110) quer zueinander angeordnet sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrängungskörper (112, 114) eines Verdrängungskörperpaares (110) in einer Querrichtung des Strömungskanals (106) versetzt zueinander angeordnet sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die schiefen Keilflächen (116, 120) eines Verdrängungskörperpaares (110) entgegengerichtete Komponentenvektoren bezüglich der Längsrichtung des Strömungskanals (106) aufweisen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verdrängungskörper so angeordnet und ausgebildet ist, daß Fluidschichtströme von ersten Wänden des Strömungskanals in Richtung zweiter Wände des Strömungskanals umlenkbar sind.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verdrängungskörper so angeordnet und ausgebildet ist, daß Fluidschichtströme (20) von geschlossenen Wänden des Strömungskanals in Richtung offener Kanalwände umlenkbar sind.

27. Verwendung der Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche in einer elektrochemischen Zelle.

28. Verwendung nach Anspruch 27 in einem Elektrolyseur.

29. Verwendung nach Anspruch 27 oder 28 in einer Brennstoffzelle.

30. Verwendung nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskanal zu einer Elektrode führt, um dieser Sauerstoff zuzuführen.

31. Verfahren zur Förderung der Oberflächenauf-

nahme und/oder Oberflächenabgabe einer Substanz durch ein Fluid, welches in laminarer Strömung strömt, bei der durch eine Strömungsleiteinrichtung Fluidschichten der laminaren Strömung umgeschichtet werden.

5

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß Fluidschichtströmen durch die Strömungsleiteinrichtung eine transversale Geschwindigkeit erteilt wird.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß Fluidschichtströme aus dem Bereich der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche in weiter entfernt liegende Bereiche umgelenkt werden.

10

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß Fluidschichtströme aus weiter entfernt liegenden Bereichen in Richtung der Aufnahmeoberfläche bzw. Abgabeoberfläche umgelenkt werden.

15

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß dem Fluid ein Drall erteilt wird.

20

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidschichtströme im wesentlichen turbulenzfrei umgelenkt werden.

25

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

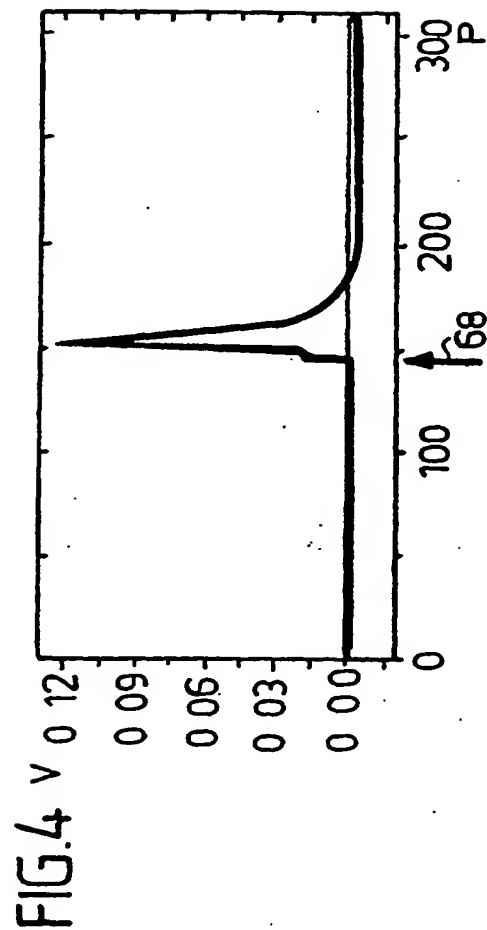
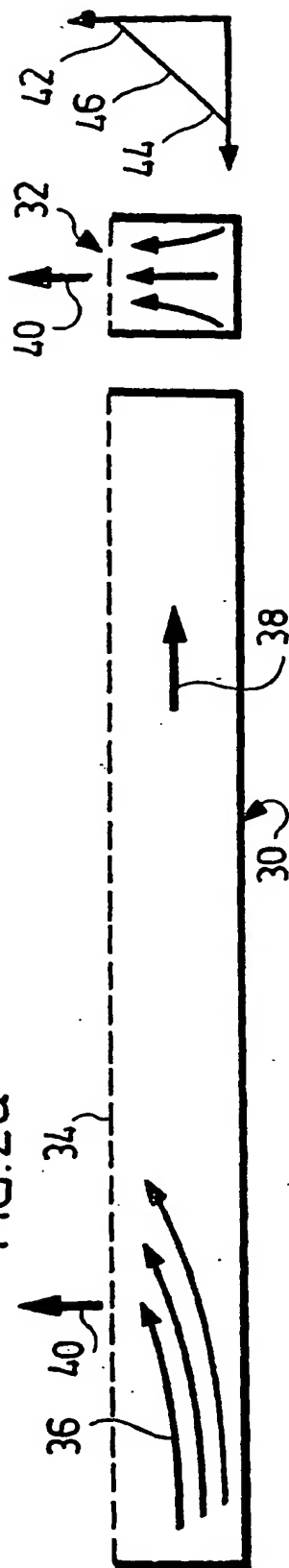
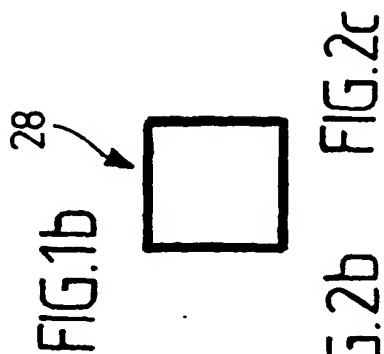
50

55

60

65

- Leerseite -



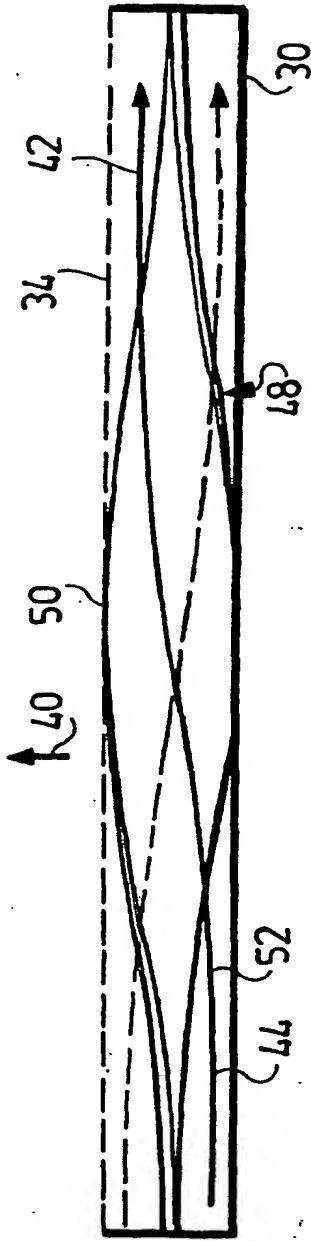


FIG. 3a

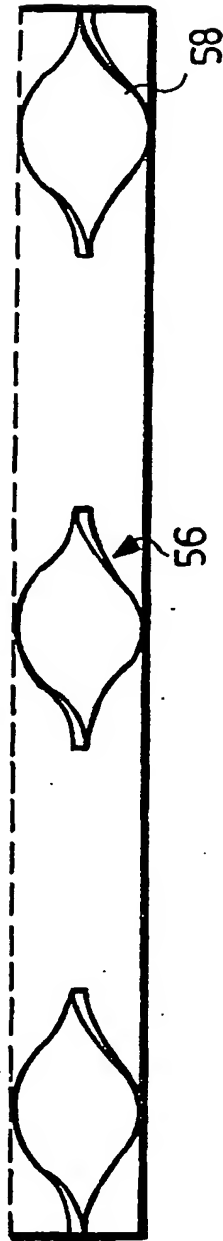


FIG. 3b

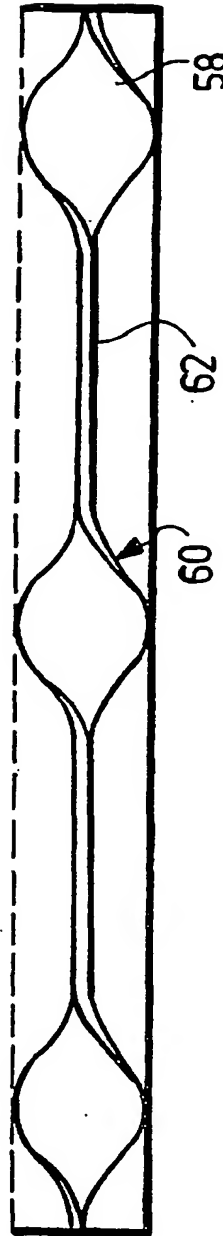


FIG. 3c

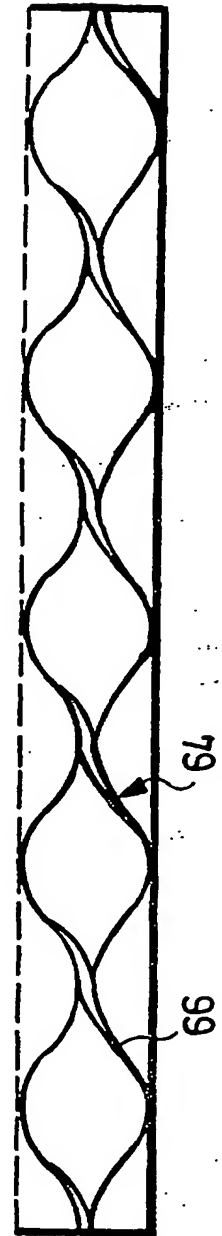


FIG. 3d

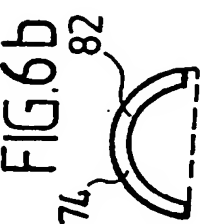


FIG. 6c



FIG. 6a

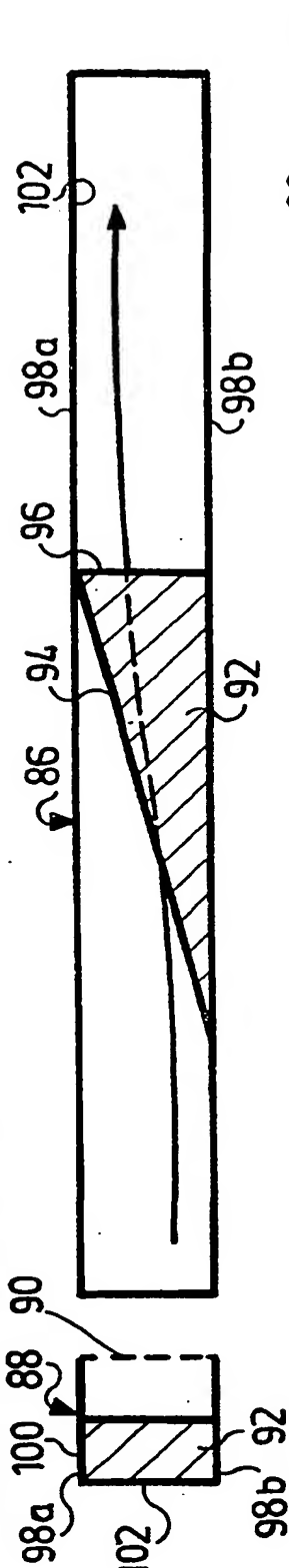
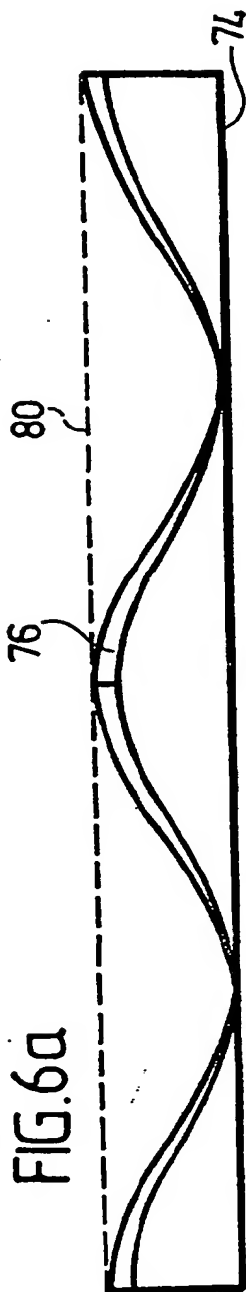


FIG. 7b

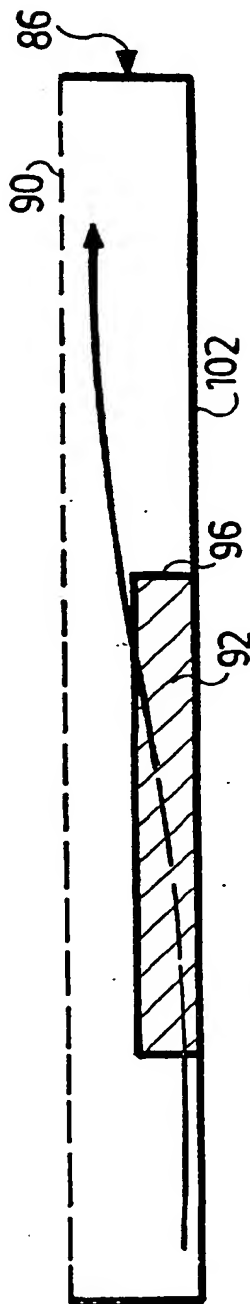
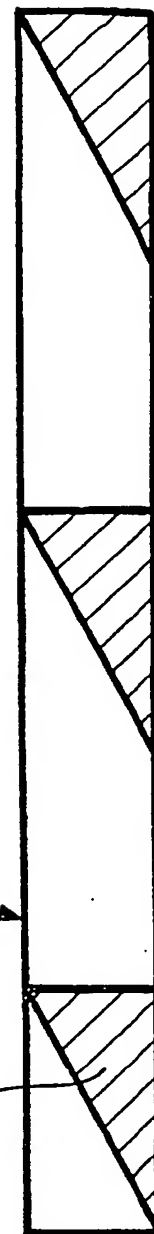


FIG. 7c



FIG. 7d



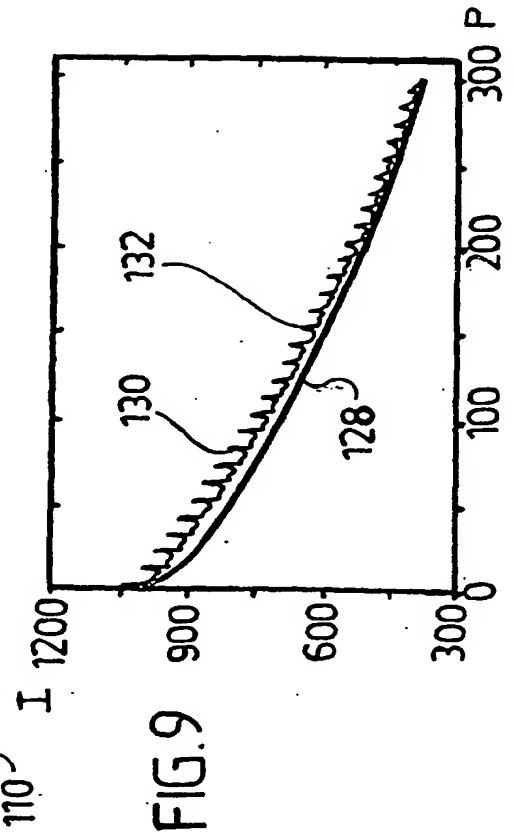
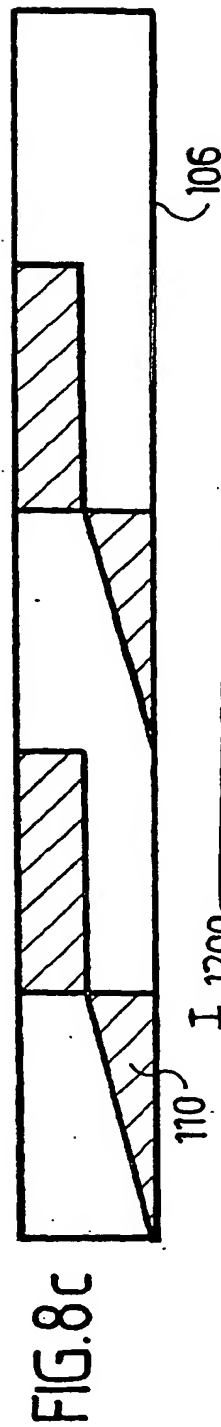
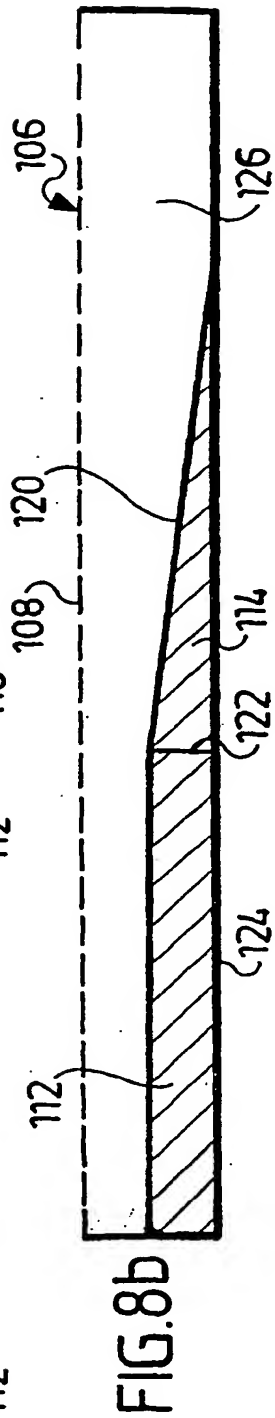
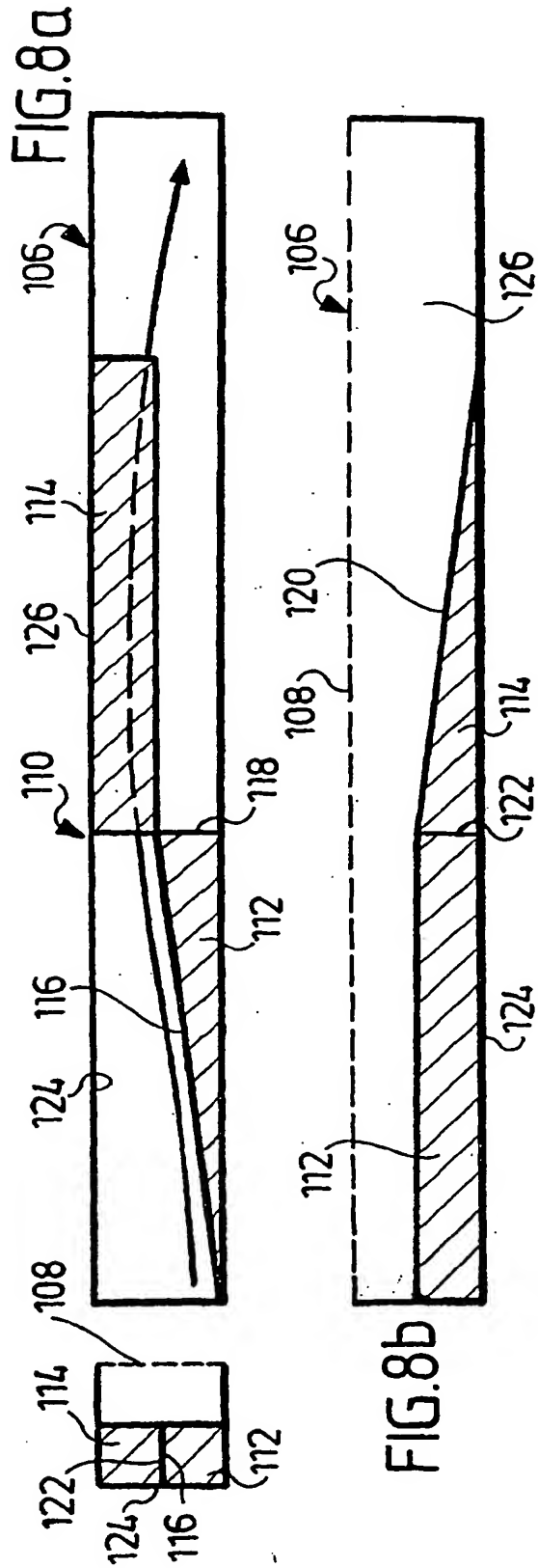


FIG. 10a

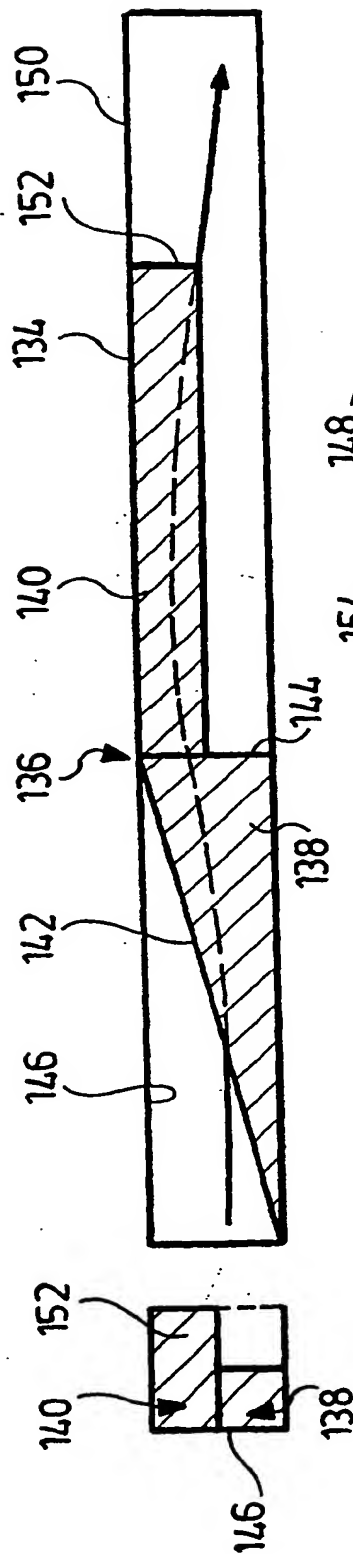


FIG. 10b

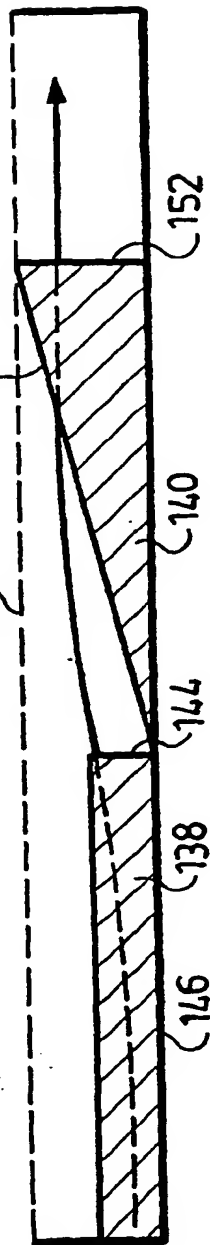
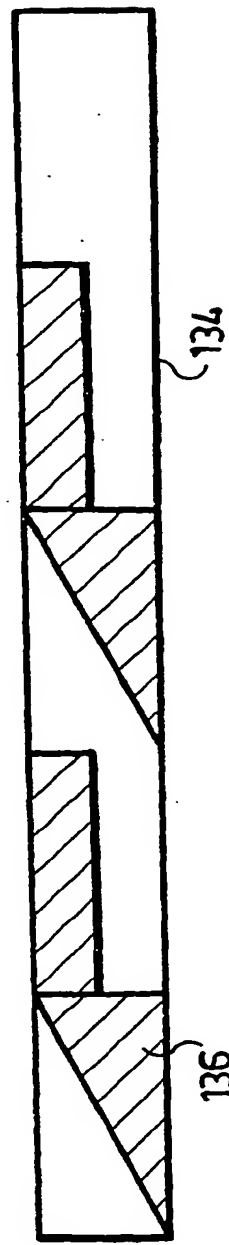


FIG. 10c



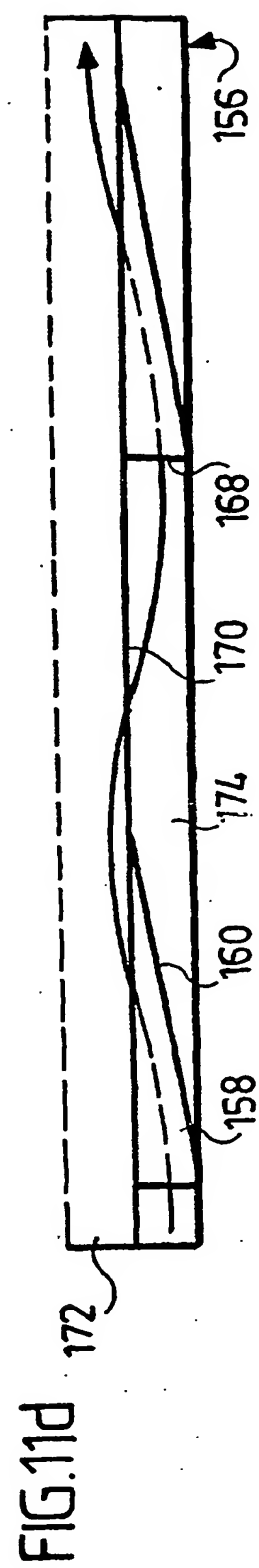
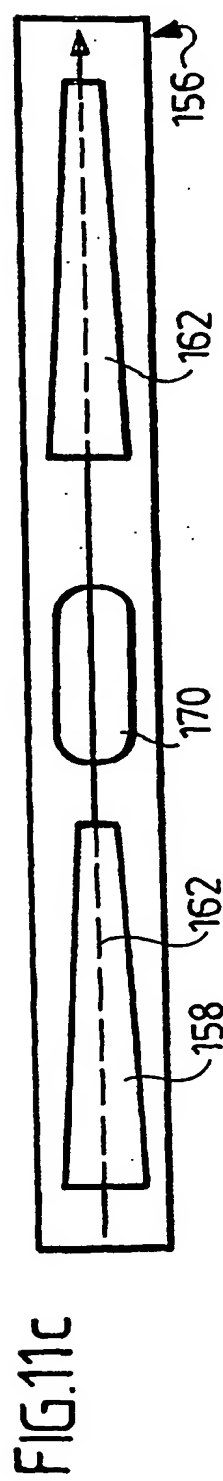
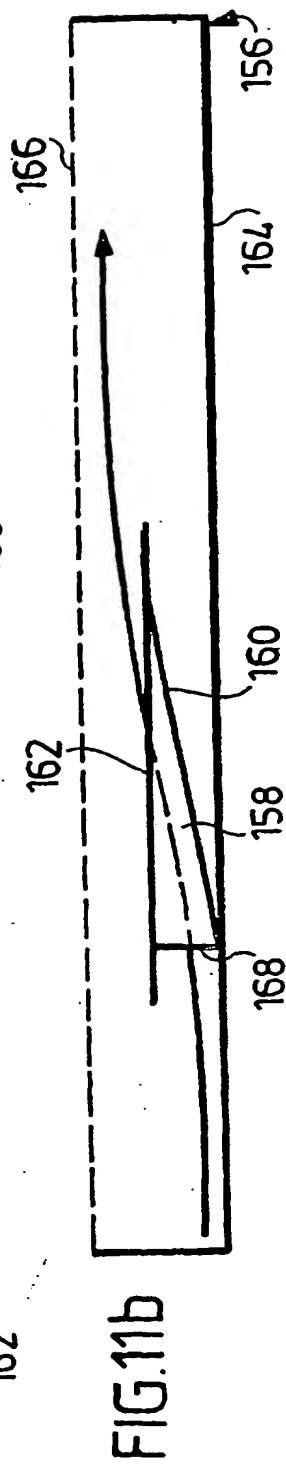
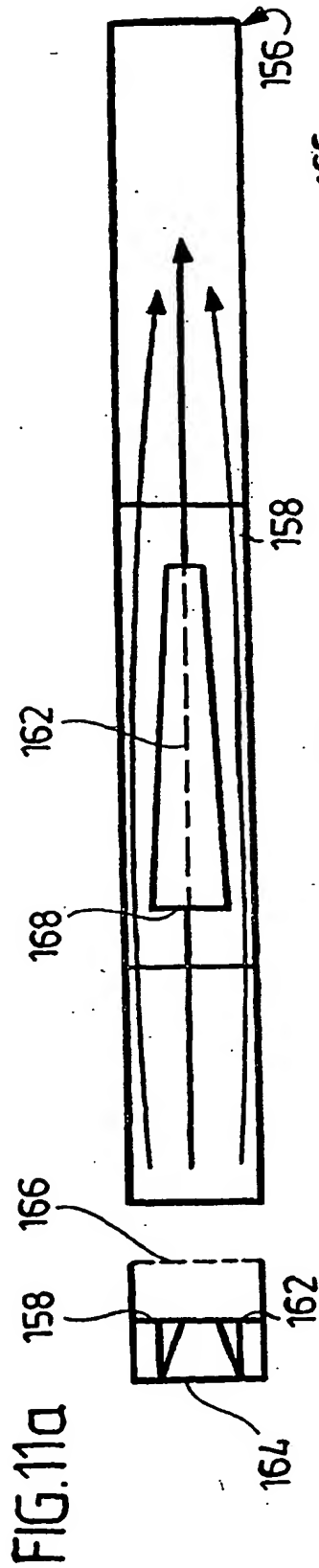


FIG. 12a

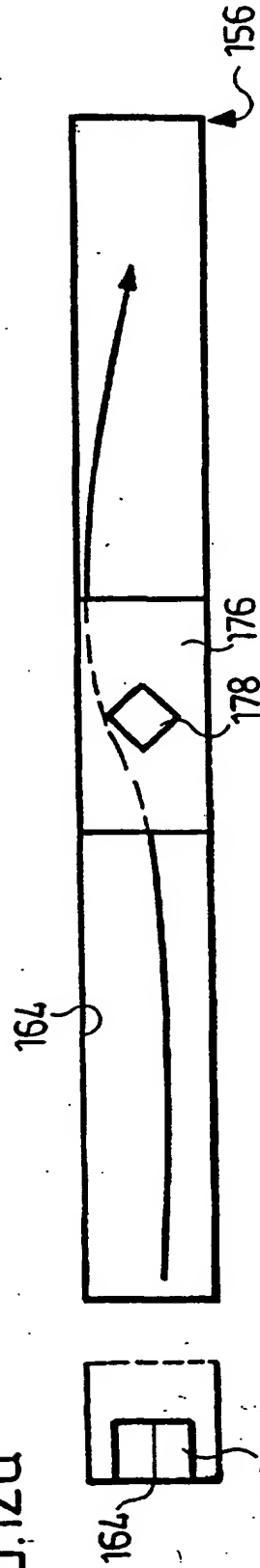


FIG. 12b

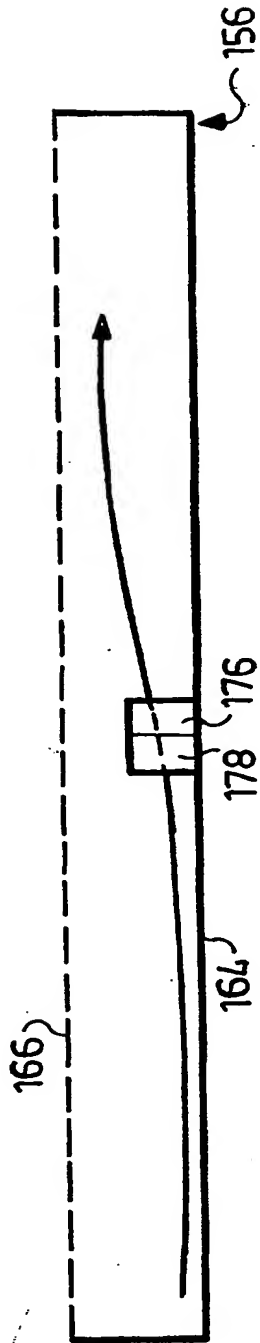


FIG. 12c

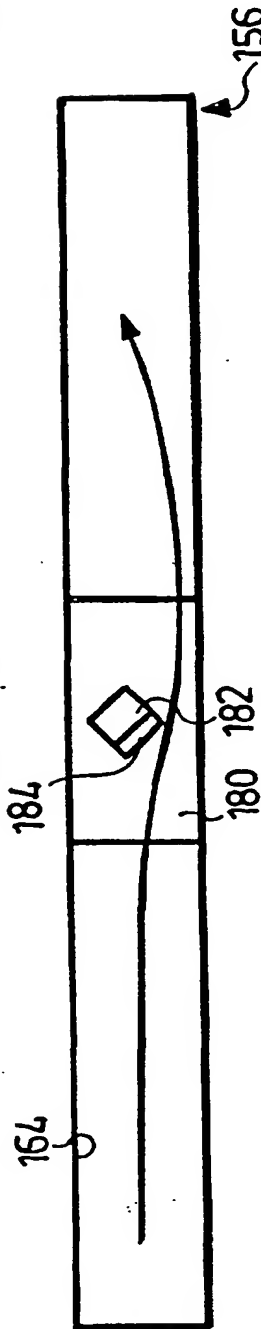


FIG. 12d

